

**PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM PEMANTAU KEBOCORAN PADA
PIPA DISTRIBUSI AIR MENGGUNAKAN PROTOKOL ZIGBEE/IEEE
802.15.4 DAN PLATFORM M2M**

***DESIGN PROTOTYPE MONITORING SYSTEM ON DISTRIBUTION WATER
PIPE LEAKAGE USING ZIGBEE/IEEE 802.15.4 PROTOCOL AND M2M
PLATFORM***

Tetty Syamei Rianinda¹, Maman Abdurohman², Novian Anggis S³

^{1,2,3}Departemen Informatika, Universitas Telkom

Jalan Telekomunikasi No. 1, Dayeuh Kolot, Bandung 40257

rianindaa@gmail.com¹, m_abduruohman@yahoo.com², novian.anggis@gmail.com³

Abstrak

Masalah kebocoran pada pipa pendistribusian air sangat banyak merugikan berbagai pihak. Salah satu contoh kasus kebocoran pipa pendistribusian air yang banyak di jumpai adalah kebocoran pada pipa distribusi air PDAM. Saat ini, petugas perlu mengecek keadaan pipa-pipa pada daerah distribusi air secara langsung. Pada Tugas Akhir ini dibuat sebuah prototipe sistem deteksi kebocoran pipa pendistribusian air dengan menggunakan teknologi Wireless Sensor Network yang efisien dalam segi energi maupun cost dan komunikasi M2M sebagai bentuk penyelesaian masalah kebocoran pipa distribusi air. Prototipe sistem menggunakan sensor yang mengakuisisi data debit air pada pipa, dan hasilnya dapat dipantau secara jarak jauh menggunakan sebuah monitor dengan aplikasi desktop.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan untuk memenuhi persyaratan membangun sebuah sistem deteksi kebocoran, sistem pemantau kebocoran jaringan pipa distribusi air menggunakan jaringan Zigbee/IEEE 802.15.4 dan platform M2M dapat di jadikan solusi dari masalah kebocoran pipa. Adanya kebocoran di tandai dengan peningkatan nilai debit air pada sensor yang letaknya di awal jaringan pipa dan penurunan nilai debit air pada sensor yang letaknya berada di setelah titik kebocoran.

Kata kunci : kebocoran pipa distribusi air, WSN, Zigbee, M2M.

Abstract

The problem of leakage in water distribution pipes is very much harm for various parties such as the damage of leakage PDAM's water distribution pipe. Currently, The officers need to check the state of the pipes in the water distribution area directly. In this final project, created a prototype system of water distribution pipe leak detection using Wireless Sensor Network technology which is efficient in terms of energy and cost and also implements M2M communication as a form of problem solving leakage of water distribution pipes. The prototype system uses a sensor waterflow, and the results can be monitored remotely using a monitor with a desktop application.

Based on the testing that performed to meet the requirements of water leakage detection system, monitoring system of water distribution pipe network using Zigbee network / IEEE 802.15.4 and M2M platform can be used for the solution of water leakage on pipes. The sense of leakage could be seen by the increase value of flowrate by the sensor that located at the beginning of the pipeline and also followed by the reduction value of flowrate by the sensor that located at the following leakage point.

Keyword : leakage, water distribution, Wireless Sensor Networks, M2M

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan utama bagi kelangsungan hidup manusia. Selain itu air juga digunakan untuk industri seperti perhotelan, perusahaan, maupun pabrik. Oleh karena itu pentingnya pemeliharaan dan pengolahan pendistribusian air untuk kelangsungan hidup masyarakat karena tidak semua orang berpikir dan bertindak secara bijak dalam menggunakan air sesuai dengan kebutuhannya. salah satu cara memelihara penggunaan air adalah dengan memastikan pendistribusian air tidak mengalami kendala seperti kehilangan air atau kebocoran.

Contoh kasus kehilangan seperti yang terjadi pada pipa pendistribusian PDAM. Begitu juga dengan kasus kebocoran yang terjadi di tempat-tempat perindustrian atau perhotelan, penanganan kebocoran pipa dengan cepat sangat penting untuk dilakukan untuk meminimalisasi dampak yang ditimbulkan dari kebocoran pipa seperti kekurangan air bersih untuk konsumen, pembengkakan dana perawatan pipa distribusi dan kerusakan infrastruktur lainnya. Untuk menekan angka kebocoran air bersih di daerah distribusi, perlu adanya pengecekan langsung ke daerah distribusi secara rutin oleh petugas terkait. Pengecekan dengan cara manual ini kurang efektif dan belum dapat mendeteksi adanya kerusakan secara dini untuk dilakukan penanganan kebocoran dengan cepat. Maka dari itu, dibutuhkan sistem pemantau otomatis untuk mempersingkat waktu dan dapat menginformasikan adanya kebocoran agar pihak terkait dapat menindaklanjuti informasi tersebut.

Pemantauan kondisi suatu aset dengan tujuan mengidentifikasi adanya isu potensial yang akan terjadi pada umumnya menggunakan sistem Wireless Sensor Network (WSN) [1]. Banyak manfaat dari penggunaan sistem pemantauan menggunakan WSN seperti efisiensi dalam hal regulasi pemeliharaan dan pengadaan infrastruktur distribusi. Pada tugas akhir ini, dilakukan perancangan dan analisis prototipe sistem pemantauan yang menerapkan Warning

System dengan menggunakan sistem WSN. Sistem pemantauan ini digunakan untuk mendeteksi terjadinya kebocoran pipa distribusi air. Dirancang dengan menggunakan ZigBee/IEEE 80.15.4 sebagai media transmisi data pada transceiver. ZigBee mempunyai karakteristik low-data rate yang cocok untuk implementasi sistem monitoring ini. Selain itu, untuk mengolah data secara efisien digunakan server OpenMTC berbasis cloud yang dapat berkomunikasi dengan berbagai macam mesin. Pengolahan data yang dilakukan berupa penerjemahan data yang diperoleh dari lebih dari 1 sensor node untuk dijadikan informasi yang akan di tampilkan pada end device. Salah satu metode pendeteksian yang digunakan untuk sistem yang dibangun adalah dengan memantau besar nilai debit air pada jaringan pipa yang dimodelkan.

2. DASAR TEORI

a. Sistem distribusi Air

Sistem pendistribusian air yang banyak digunakan adalah sistem jaringan perpipaan. Air dibawa menggunakan jaringan pipa-pipa yang membawa air dari reservoir atau sumber air untuk di distribusikan. Dalam pendistribusian air lingkup kecil, kita bisa melihat jaringan pipa di rumah-rumah, atau di suatu gedung sedangkan pendistribusian air yang mencakup lingkup yang luas, contohnya adalah pendistribusian air PDAM.

Salah satu model sistem jaringan perpipaan yang digunakan untuk pendistribusian air lingkup luas adalah sistem jaringan tertutup. Selain itu sistem jaringan perpipaan yang lainnya adalah loop, dimana Sebuah loop tertutup adalah sebuah jalur pipa yang berawal dan berakhir pada node yang sama.

b. Sistem perpipaan sederhana

Pada suatu sistem perpipaan tidak jarang terjadi kebocoran. Salah satu metode pengujian yang dapat di lakukan untuk mengetahui adanya kebocoran pada suatu area perpipaan adalah Step Test. Waktu pelaksanaan pengujian dengan menggunakan metode Step Test ini adalah saat terjadinya

Aliran Malam Minimum (AMM) [3]. Pada umumnya, pada malam hari tidak ada pemakaian air oleh pelanggan sehingga jika pada saat itu tercatat adanya aliran minimum maka dapat diindikasikan daerah tersebut mengalami kebocoran.

Selain itu adanya kebocoran pada pipa dapat ditinjau dari beberapa aspek. Aspek-aspek ini dianalisis dan dijadikan karakteristik dari kebocoran pipa. Kebocoran pipa digolongkan menjadi 2 jenis, kerusakan pipa fisik dan non-fisik. Kerusakan pipa secara fisik biasanya terjadi karena adanya korosi pipa atau menipisnya lapisan pipa. Sedangkan untuk kerusakan non-fisik terjadi karena adanya pencurian air di daerah distribusi air atau terjadinya kecurangan meteran yang dilakukan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Selain itu, suhu, laju debit air, tekanan air juga menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya kebocoran [4].

c. *Wireless Sensor Network*

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan suatu sistem yang melakukan proses sensing, komputasi dan komunikasi yang memberikan kemampuan bagi administrator untuk mengukur, mengobservasi dan memberikan reaksi terhadap kejadian-kejadian dan fenomena pada lingkungan tertentu [12]. *Node* pada WSN umumnya terdiri dari sebuah sensor, *embedded processor*, memori yang cukup dan penerima atau pemancar. *Node* sensor biasanya menggunakan baterai dan koordinasi diantara mereka berjalan seperti biasa. Data yang diperoleh *node* sensor kemudian dikirim secara nirkabel ke *central gateway*[1].

d. Zigbee

Teknologi *ZigBee* merupakan teknologi dengan data raterendah yang ditujukan untuk otomasi, pemantauan dan remote control. Komite IEEE 802.15.4 dan *ZigBee Alliance* kemudian bergabung dan memutuskan *ZigBee* sebagai nama komersil teknologi ini [13].

i. Karakteristik Zigbee

- a. Bekerja pada frekuensi 2,4 GHz, 868 MHz, dan 915 MHz
- b. Konsumsi daya yang rendah.

- c. Maksimum transfer rate 250 Kbps untuk 2.4 GHz, 40 Kbps untuk 915 MHz, dan 20 Kbps untuk 868 MHz.
- d. Throughput tinggi dan latency rendah
- e. Memiliki hand shaked protokol untuk data transfer
- f. Mempunyai beberapa jenis topologi

ii. Arsitektur Zigbee

ZigBee pada awalnya didesain untuk sebuah jaringan yang kecil yang dimana mengandalkan dalam penyebaran data dari tiap *device* masing-masing. *ZigBee* dibuat sesuai dengan permintaan pasar yang membutuhkan sebuah jaringan yang mampu mengkonsumsi daya rendah, dengan andal dan aman. Untuk itu aliansi *zigbee* bekerja sama dengan IEEE untuk membuat sebuah jaringan yang dinginkan pasar. Contoh dari kerjasama kedua kelompok tersebut adalah *ZigBeeSoftware Layer*. Selain itu aliansi *zigbee* juga menyediakan pengetesan terhadap dan sertifikasi terhadap alat yang menggunakan *ZigBee*. Berdasarkan standart dari OSI layer yang telah ada, maka stack dari protokol *zigbee* dibuat dalam struktur layer.

d. OpenMTC

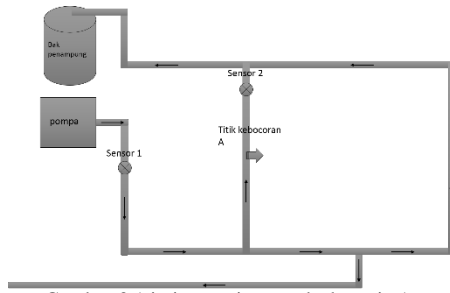
OpenMTC adalah sebuah platform pada layer akses yang digunakan untuk mendukung komunikasi M2M dalam kaitannya dengan perbedaan karakteristik traffic. M2M juga merupakan salah satu platform yang dapat diimplementasikan pada Smart City [10]. Kegunaan dari penggunaan platform pada M2M adalah untuk mengefisienkan koneksi ke beberapa perangkat dan menghubungkannya ke servis. OpenMTC dapat diakses menggunakan protokol HTTP.

3. PERANCANGAN SKENARIO SISTEM

a. Pengujian Threshold sensor

Terdapat 2 macam pengujian, yaitu :

- i. Pengujian pola kebocoran berdasarkan data laju debit air dengan sudut kebocoran 90° . dengan acuan jaringan pipa pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 jaringan pipa untuk skenario 1a

- ii. Pengujian besar titik kebocoran dengan sudut pembukaan 20°, 30°, 40°, 50°, dan 60°

b. Pengujian Penentuan letak kebocoran dan jumlah kebocoran

Terdapat 2 buah pengujian pada aspek faktor sudut yaitu :

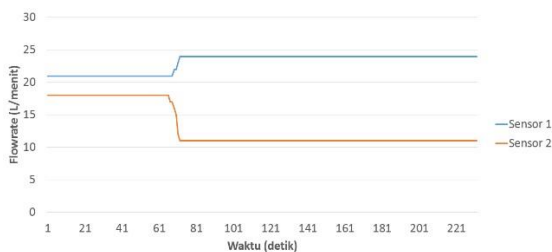
- i. Pengujian penentu letak pada percabangan
- ii. Pengujian pengaruh jumlah kebocoran.

b. Pengujian Warning System

- i. Pengujian tampilan pada saat terjadi kebocoran pada titik A, B dan C
- ii. Pengujian tampilan pada saat terjadi kebocoran pada kombinasi 2 titik
- iii. Pengujian tampilan pada saat terjadi kebocoran pada 3 titik kebocoran.

4. ANALISIS HASIL PENGUJIAN

a. Analisis Pengujian Kebocoran



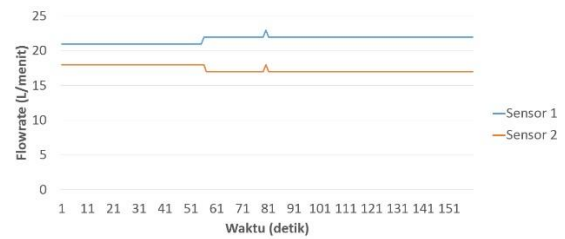
Gambar 4.1 Grafik kebocoran

Gambar 4.1 adalah hasil pemantauan data sensor saat terjadi kebocoran di titik A dengan menggunakan 2 sensor. Adanya perbedaan nilai debit air pada sensor 1 dan sensor 2 disebabkan adanya pengaruh percabangan. Pada percabangan terjadi hentakan air yang terjadi pada saat

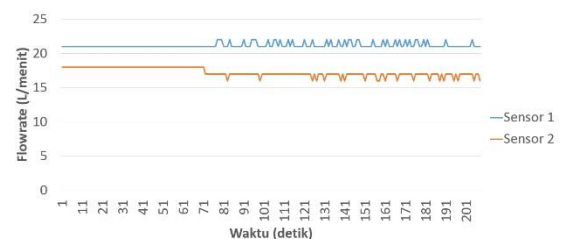
pembelokan pipa. Hentakan tersebut mengakibatkan perubahan nilai tekanan dan kecepatan aliran air pada masing-masing percabangan yang turut mempengaruhi nilai debit air. Lalu pada detik ke-62 terdapat perubahan nilai debit air yang signifikan, akibat pembukaan salah satu kran kebocoran (titik kebocoran A). Berdasarkan grafik, pola kebocoran yang didapat yaitu adanya penurunan nilai debit air pada sensor 2 diikuti dengan peningkatan pada sensor 1. Peningkatan nilai sensor 1 akibat adanya perubahan kecepatan laju untuk memenuhi aliran pada pipa menuju titik kebocoran, sedangkan setelah titik kebocoran terjadi penurunan kecepatan air karena proses kehilangan air tersebut.



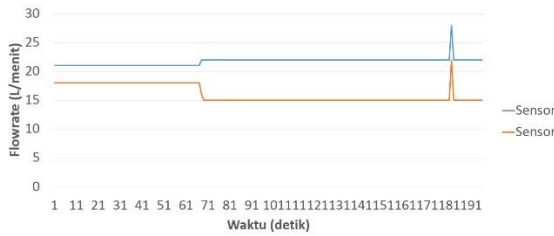
Gambar 4.2 Grafik pembukaan kran 20derajat



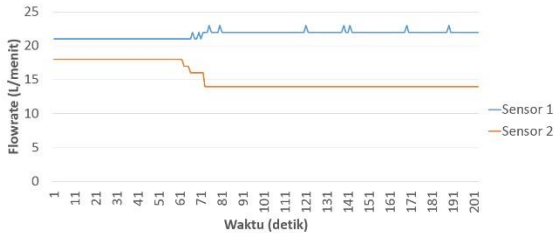
Gambar 4.3 Grafik pembukaan kran 30derajat



Gambar 4.4 Grafik pembukaan kran 40derajat



Gambar 4.5 Grafik pembukaan kran 50derajat



Gambar 4.6 Grafik pembukaan kran 60derajat

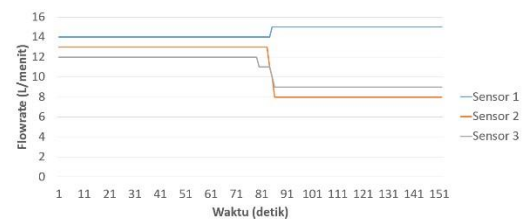
Gambar 4.2 menunjukkan grafik dengan pembukaan kran kebocoran sebesar 20o, Penurunan nilai yang di deteksi pada sensor 2 sebesar 1 L/menit. Grafik menunjukkan perubahan nilai yang dinamis yang dapat dijadikan indikator adanya kebocoran dengan ukuran kebocoran kecil. Umumnya nilai debit air pada kondisi normal cenderung stabil, namun perubahan nilai dinamis yang terjadi pada sensor 2 akibat adanya gesekan air dengan penutup kran.

Selanjutnya Gambar 4.3 adalah grafik dengan kebocoran sebesar 30o yang menunjukkan perubahan nilai yang stabil. Nilai awal yang ditunjukkan sensor 1 adalah 21 L/menit dan untuk sensor 2 adalah 18 L/menit. Kemudian terjadi perubahan nilai menjadi 22 L/menit dan 17 L/menit. Pada detik ke 81 terdapat peningkatan nilai debit air pada kedua sensor akibat anomali voltase pompa.

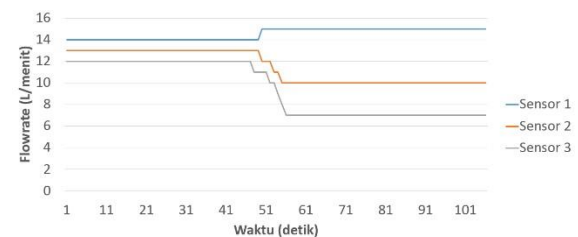
Grafik pada Gambar 4.4, menunjukkan kebocoran dengan sudut sebesar 40o. Saat terjadi kebocoran, grafik mengalami penurunan nilai sebesar 2 L/menit secara dinamis. Perubahan nilai dinamis tersebut akibat adanya gesekan antara air dengan penutup kran yang mempengaruhi tekanan air pada daerah sekitar kebocoran. Gesekan yang terjadi pada kebocoran dengan sudut ini lebih kecil di dibandingkan dengan gesekan yang terjadi pada kebocoran sudut 20o.

Untuk hasil pengujian kebocoran 50o seperti yang di ditampilkan pada Gambar 4.5, menunjukkan perubahan pada sensor 1 dari 21 L/menit menjadi 22 L/menit. Begitu juga pada sensor 2, bermula bernilai 18 L/menit setelah terjadi kebocoran mengalami penurunan menjadi 15 L/menit. Nilai kebocoran sebesar 3L/menit. Pada detik 181, terdapat peningkatan nilai dari kedua sensor, sama seperti yang terjadi pada hasil pengujian kebocoran 30o pada detik ke 77-81, pada saat itu terjadi anomali voltase pada pompa, sehingga pompa bekerja lebih kuat dari sebelumnya. Sedangkan pada pengujian kebocoran dengan sudut kebocoran sebesar 60o yang di tunjukkan pada Gambar 4.6, saat terjadi kebocoran, sensor menunjukkan perubahan nilai pada sensor 2 dengan penurunan nilai sebesar 4L/menit dan peningkatan nilai pada sensor 1 sebesar 1 L/menit. Setelah perubahan nilai akibat pembukaan kran, terjadi perubahan nilai normal pada sensor 1, yaitu peningkatan tidak diikuti dengan kenaikan pada sensor 2. Hal tersebut terjadi karena faktor air yang kurang jernih sehingga mengganggu kinerja rotor sensor.

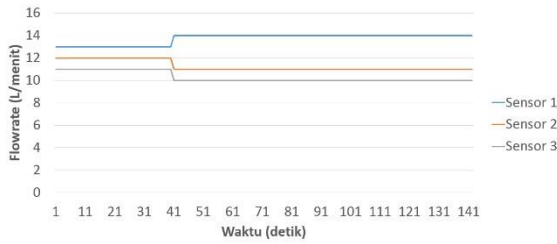
b. Analisis Pengujian Letak kebocoran dan jumlah kebocoran



Gambar 4.7 Grafik pengujian kebocoran titik A



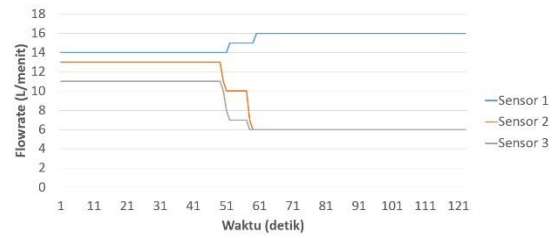
Gambar 4.8 Grafik pengujian kebocoran titik B



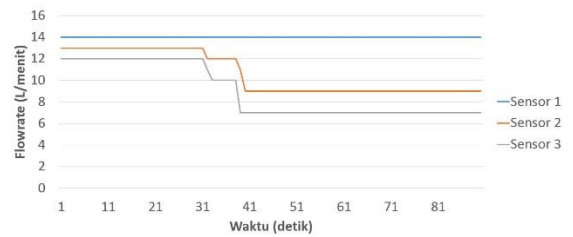
Gambar 4.9 Grafik pengujian kebocoran titik C

Pada Gambar 4.7, kran kebocoran pada titik A dibuka dan terjadi perubahan nilai debit air menjadi 15 L/menit pada sensor 1, 8 L/menit pada sensor 2 dan 9 L/menit untuk sensor 3. Terlihat nilai sensor 2 mengalami penurunan nilai yang cukup tinggi sehingga nilainya lebih kecil dibanding dengan sensor 3. Nilai penurunan pada sensor 2 sebesar 5 L/menit dan 3 L/menit pada sensor 3. Untuk Gambar 4.8 terjadi kebocoran pada detik ke-67. Untuk pengujian pada titik B, penurunan nilai paling besar terjadi pada sensor 3, yaitu sebesar 5 L/menit, sedangkan pada sensor 2 hanya mengalami penurunan laju debit air sebesar 3 L/menit. Nilai kehilangan air pada kebocoran A dan B adalah sama, hal tersebut karena kedua titik kebocoran berada pada loop yang sama. Pada 1 loop, nilai debit air yang melewati jalur pipa loop cenderung hampir sama, yang membedakan adalah nilai headloss atau tekanannya. Dan untuk pengujian ini, perbedaan tekanannya cenderung sedikit sehingga pada titik A dan titik B mengalami besar kebocoran yang sama. Untuk peningkatan pada sensor 1, kedua pengujian (titik A dan B) cenderung mengalami peningkatan nilai yang sama yaitu sebesar 1 L/menit. Pada titik C penurunan nilai laju debit lebih sedikit dibandingkan dengan penurunan nilai debit pada titik A dan B. Hal tersebut disebabkan karena C berada di luar jaringan loop, sehingga penurunannya tidak terlalu terlihat, namun masih bisa di deteksi pada sensor 3.

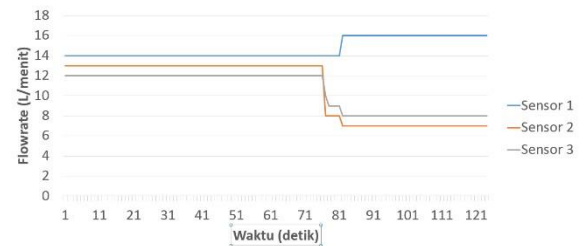
Selanjutnya adalah pengujian pengaruh jumlah kebocoran



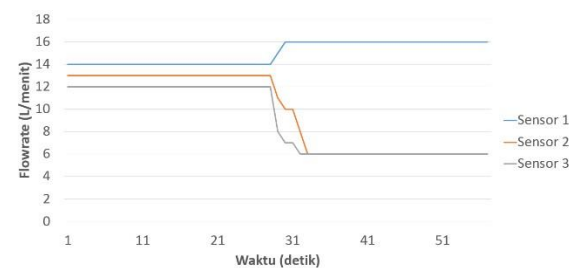
Gambar 4.10 Grafik pengujian kebocoran titik A&B



Gambar 4.11 Grafik pengujian kebocoran titik B&C



Gambar 4.12 Grafik pengujian kebocoran titik C&A



Gambar 4.7 Grafik pengujian kebocoran titik A,B,C

kebocoran A dan B yang terjadi secara bersamaan, terjadi peningkatan nilai pada sensor 1 sebesar 2 L/menit dan penurunan pada sensor 2 sebesar 7 L/menit, pada sensor 3 sebesar 5 L/menit. Pada sensor 3 juga menunjukkan penurunan nilai yang sama pada saat terjadi kebocoran pada titik B. Pada grafik pengujian kebocoran titik B dan C (Gambar 4.11), pada sensor 1 tidak mengalami peningkatan nilai data sensor. Pada detik ke-31 (Gambar 4.11) terjadi pembukaan kran

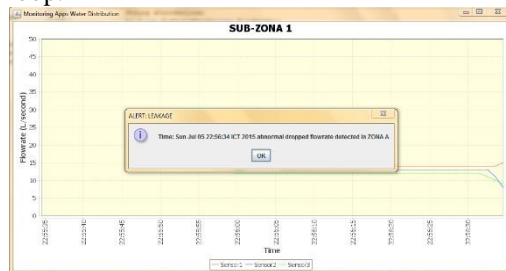
kebocoran pada titik B dengan penurunan nilai pada sensor 2 sebesar 1 L/menit dan sensor 3 sebesar 2 L/menit. Dan selanjutnya pada detik ke-39 terjadi penurunan 3 L/menit pada sensor 2 dan 3 L/menit pada sensor 3. Jadi total penurunan data sensor pada saat terjadi kebocoran di titik B dan C adalah 5 L/menit pada sensor 2, dan 4 L/menit pada sensor 3.

Pengujian titik kebocoran A dan C ditandai dengan peningkatan nilai data sensor 1 sebesar 2 L/menit, 6 L/menit pada sensor 2 dan 4 L/menit pada sensor 3. Pada sensor 2, terjadi kelebihan 1L/menit kelebihan dari nilai kebocoran pada titik A (Gambar 4.6). kelebihan tersebut menandakan terjadi kebocoran lebih dari 1 titik. Pola perubahan nilai pada pengujian titik kebocoran A dan C ini mirip dengan pola perubahan nilai pada pengujian titik kebocoran A (Gambar 4.7).

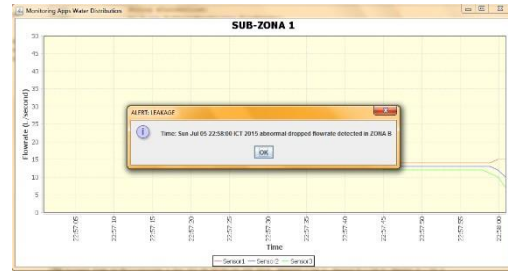
Dan untuk pengujian 3 titik kebocoran, peningkatan pada sensor 1 sebesar 2L/menit, dan sensor 2 mengalami penurunan sebesar 7 L/menit begitu juga dengan sensor 3 dengan penurunan sebesar 6L/menit. Pada sensor 2 kelebihan 2L/menit untuk maksimal nilai kebocoran pada 1 titik, dan pada sensor 3 mengalami kelebihan 1 L/menit untuk maksimal kebocoran titik. Dan kedua kejadian itu dapat dijadikan pola untuk 3 kebocoran. Penurunan 3 titik kebocoran ini mirip dengan hasil pengujian 2 titik kebocoran pada titik A dan B.

c. Analisis Pengujian pada Warning System

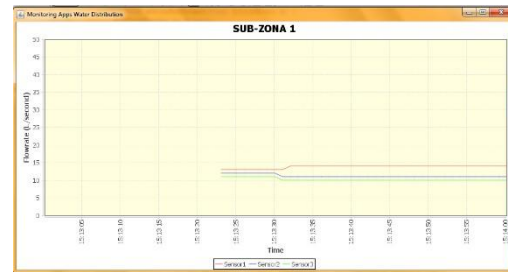
Hasil pengujian aplikasi sistem pada kebocoran 1 titik kebocoran pada jaringan pipa loop.



Gambar 4.14 tampilan aplikasi saat sensor menunjukkan kebocoran A

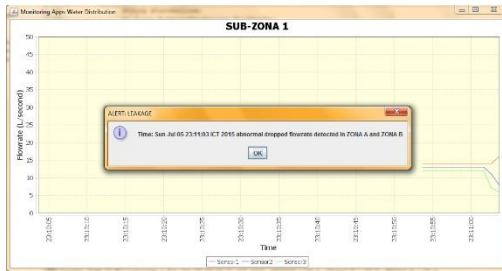


Gambar 4.15 tampilan aplikasi saat sensor menunjukkan kebocoran B

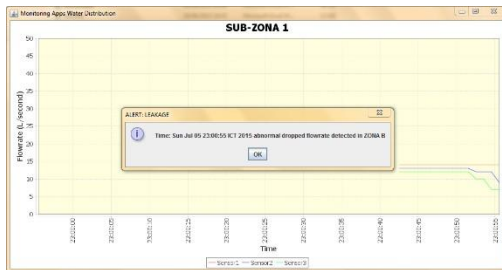


Gambar 4.16 tampilan aplikasi saat sensor menunjukkan kebocoran C

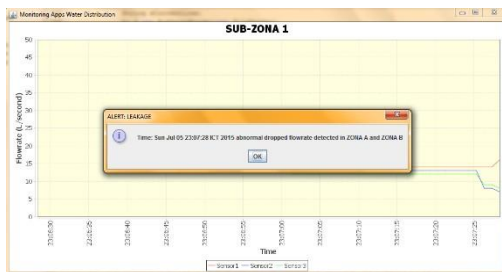
Pada pengujian aplikasi pada saat terjadi kebocoran di percabangan A (Gambar 4.14), pesan yang ditunjukkan oleh aplikasi adalah waktu pada saat sistem membaca perubahan data dan keterangan sensor 2 mengalami perubahan nilai laju debit air yang signifikan dan dicurigai sebagai ada kebocoran. Informasi tersebut di artikan sebagai adanya kebocoran pada jalur percabangan yang di pasang sensor 2. Begitu juga dengan hasil yang ditampilkan pada gambar 4.15, dimana sistem membaca perubahan nilai abnormal pada sensor 3. Sedangkan untuk Gambar 4.16 yang merupakan tampilan aplikasi saat terjadi kebocoran pada sekitar waktu 15:13:32, tidak muncul pesan peringatan. Hal itu disebabkan karena sistem membaca perubahan nilai yang tidak terlalu signifikan dari data tersebut.



Gambar 4.17 tampilan aplikasi saat sensor menunjukkan kebocoran A dan B



Gambar 4.18 tampilan aplikasi saat sensor menunjukkan kebocoran B dan C



Gambar 4.19 tampilan aplikasi saat sensor menunjukkan kebocoran C dan A

Untuk pengujian 2 titik, pada saat kebocoran titik A dan B (Gambar 4.17) pesan yang dimunculkan adalah keterangan waktu pembacaan data adanya perubahan nilai yang tidak normal pada sensor 2 dan 3. Untuk perubahan nilai laju debit normal yang dimaksud dalam konteks ini adalah data *transient*. Pesan yang sama seperti pada hasil pengujian kebocoran A dan B juga di tampilkan pada Gambar 4.19 dan 4.20. Gambar 4.19 merupakan hasil pengujian tampilan aplikasi pada saat kebocoran titik A dan C. Perubahan nilai sensor yang paling mencolok adalah sensor 2 karena letaknya ada pada percabangan yang sama pada titik A. Perubahan yang terjadi pada sensor 3 disebabkan karena titik C letaknya terdapat

pada sebelum percabangan sensor 3, sehingga terjadi pengurangan *resource* air untuk percabangan pada sensor 3.



Gambar 4.20 tampilan aplikasi saat sensor menunjukkan kebocoran A B dan C

Sedangkan Gambar 4.20 adalah hasil pengujian aplikasi untuk titik kebocoran A, B dan C. Kembali lagi bahwa penurunan nilai pada titik C tidak signifikan maka sistem hanya membaca kebocoran pada titik A dan titik B.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada beberapa skenario pengujian sistem pemantauan kebocoran pada pipa distribusi air, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Prototipe sistem pemantau kebocoran pipa distribusi air dengan menggunakan platform komunikasi M2M OpenMTC dan jaringan Zigbee dapat dijadikan solusi alternatif dalam mengamati keadaan pipa distribusi air dan telah memenuhi kebutuhan sistem deteksi kebocoran seperti mendeteksi adanya kebocoran, mendeteksi besar kebocoran, banyak kebocoran dan letak kebocoran.
2. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis performansi sistem dalam mendeteksi adanya kebocoran, didapat hasil sebagai berikut :
 - a. Untuk optimasi deteksi kebocoran, sensor diletakkan di awal jaringan dan di masing-masing ujung percabangan.
 - b. Adanya kebocoran ditandai dengan peningkatan nilai debit air pada sensor

yang letaknya berada di awal jaringan pipa masuknya air dan penurunan nilai debit air pada sensor yang letaknya berada di jaringan yang sama dengan titik kebocoran.

b. Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, berikut saran-saran yang dapat dijadikan pertimbangan untuk ke depannya :

1. Penerapan sistem pada kondisi jaringan pipa distribusi air yang sebenarnya.
2. Penambahan perangkat sensor untuk menentukan letak pasti adanya kebocoran.
3. Penempatan sensor node dan gateway perlu di perhatikan untuk menghindari terjadinya *loss data* dan juga untuk keamanan dari pencurian perangkat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Ediriweera dan I. Marshall, "Monitoring water distribution systems: understanding and managing sensor networks," *Drink. water Eng. Sci.*, p. 1, 2010.
- [2] D. Susanto, "ANALISA DISTRIBUSI AIR PIPA JARINGAN DISTRIBUSI DI SUB-ZONE SONDAKAN PDAM KOTA SURAKARTA DENGAN SIMULTANEOUS LOOP EQUATION METHOD," UNS, SURAKARTA, 2007.
- [3] -, Teori dan Konsep Sistem Penyaluran air, Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institute Teknologi Sepuluh Nopember, 2010.
- [4] A. Sadeghioon, N. Metje, D. Chapman, Anthony dan Carl, "SmartPipes: Smart Wireless Sensor Networks for leak detection in Water Pipelines," *Journal of sensor and Actuator Networks*, p. 1, 2014.
- [5] H. Mustafa dan p. Chou, "Embedded Damage Detection in Water Pipelines Using Wireless Sensor Networks," *IEEE*, 2012.
- [6] B. Mohammed, Q. Syed, O. Abdulfattah dan G.-O. Alberto, "A Review on Wireless Sensor Network for Water Pipeline Monitoring Applications," p. 2, 2013.
- [7] C. Buratti, C. Andrea, D. Davide dan V. Roberto, "An Overview on Wireless Sensor Networks Technology and Evolution," 2009.
- [8] "Wikipedia," 2014. [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>. [Diakses 30 oktober 2014].
- [9] C. Inyok, S. Yogendra, S. Andreas, L. Andreas dan M. Michele, "TRUST IN M2M COMMUNICATION: Addressing new security threats," *IEEE VEHICULAR TECHNOLOGYMAGAZINE*, 2009.
- [10] E. Asma, C. Hakan, W. Sebastian dan M. Thomas, "Design Aspect for a Reference M2M Communication Platform for Smart Cities," 2013.
- [11] -, "Google," Google corp, [Online]. Available: www.google.com. [Diakses March 2015].
- [12] -, "PAM Jaya Online," [Online]. Available: www.oocities.org. [Diakses March 2015].
- [13] R. Sidra, Q. Saad, S. Husnain dan F. Emad, "A Method for Distributed Pipeline Burst and Leakage Detection in Wireless Sensor Networks Using Transform Analysis," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2014.